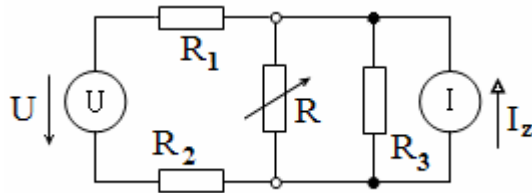


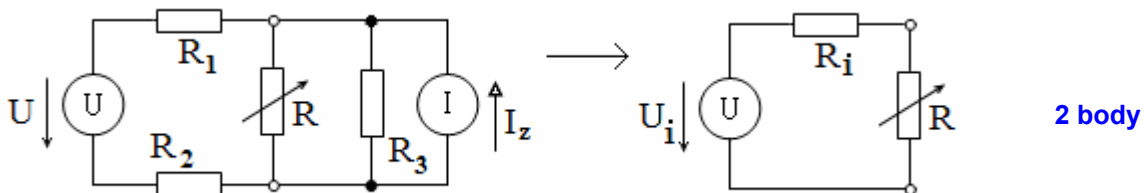
# 1 Elektrotechnika 1

Pomocí věty o náhradním zdroji vypočtete hodnotu rezistoru  $R$  tak, aby do něho byl ze zdroje dodáván maximální výkon. Vypočítejte pro tento případ napětí, proud a výkon rezistoru  $R$ .



$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 = 5 \Omega \\ R_3 &= 10 \Omega \\ U &= 10 \text{ V} \\ I_z &= 1 \text{ A} \end{aligned}$$

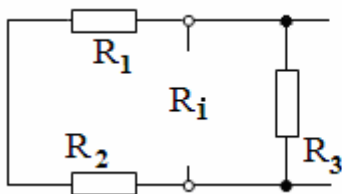
## Řešení



2 body

Pro maximální přenos výkonu musí platit:  $R = R_i$

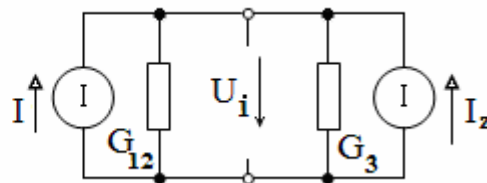
1 bod



$$R_i = \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} = 5 \Omega$$

$$R = R_i = 5 \Omega$$

1 bod



$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = 1 \text{ A}, \quad G_{12} = \frac{1}{R_1 + R_2} = 0,1 \text{ S}$$

$$(G_{12} + G_3)U_i = I + I_z$$

$$U_i = \frac{I + I_z}{G_{12} + G_3} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ V}$$

3 body

$$I_R = \frac{U_i}{R + R_i} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

$$U_R = R \cdot I_R = 5 \text{ V}$$

$$P_R = U_R \cdot I_R = 5 \text{ W}$$

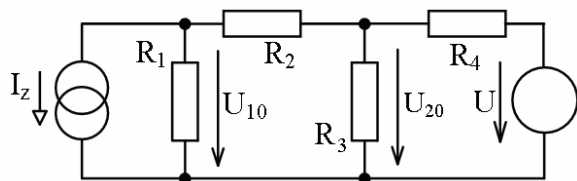
1 bod

1 bod

1 bod

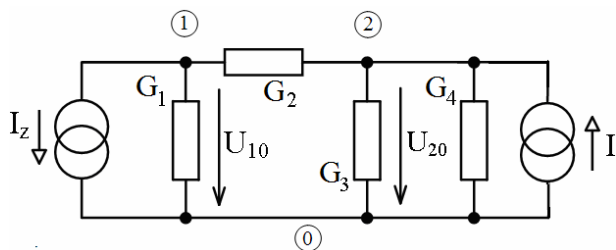
## 2 Elektrotechnika 1

Metodou uzlových napětí (MUN) vypočtete napětí  $U_{10}$  a  $U_{20}$  v uvedeném obvodu.



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \, \Omega, \quad R_2 = 1 \, \Omega \\ R_3 &= 1 \, \Omega, \quad R_4 = 0,5 \, \Omega \\ U &= 2 \, \text{V}, \quad I_z = 2 \, \text{A} \end{aligned}$$

### Řešení



$$I = \frac{U}{R_4} = 4 \text{ A}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -I_z \\ I \end{pmatrix}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} 1,5 & -1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 4 \end{pmatrix}$$

1 bod

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1,5 & -1 \\ -1 & 4 \end{vmatrix} = 5 \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} -2 & -1 \\ 4 & 4 \end{vmatrix} = -4 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1,5 & -2 \\ -1 & 4 \end{vmatrix} = 4$$

3 body

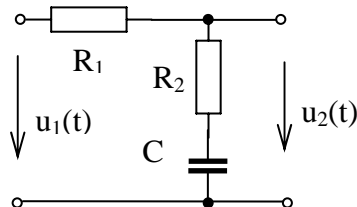
$$U_{10} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-4}{5} = -0,8 \text{ V} \quad U_{20} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ V}$$

2 body

(Pozn.: V případě jiné volby nezávislých uzlů, které **musí být v řešení vyznačené**, je třeba správné mezivýsledky s hodnotami odlišnými od vzorového řešení také adekvátně bodovat).

### 3 Elektrotechnika 2

Pro uvedený obvod odvodte obecný výraz pro obraz napětového přenosu  $\mathbf{K}_U(p)$  a vyčíslete jej pro uvedené parametry obvodu. Vypočtete odezvu obvodu na jednotkový skok  $h(t)$  v číselném tvaru a uveďte její hodnoty pro  $t = 0$ ,  $t = \infty$  (zpětnou inverzi obrazu  $\mathbf{H}(p)$  proveďte pomocí Heavisideova vztahu).



$$\begin{aligned} C &= 5 \mu\text{F} \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

#### Řešení

$$\mathbf{K}_U(p) = \frac{R_2 + \frac{1}{pC}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{pC}} = \frac{pCR_2 + 1}{pC(R_1 + R_2) + 1} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{2 \cdot 10^{-2} p + 1} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

$$\mathbf{H}(p) = \frac{\mathbf{K}_U(p)}{p} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{p(2 \cdot 10^{-2} p + 1)} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

Inverze obrazu:

$$\mathbf{H}(p) = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{p(2 \cdot 10^{-2} p + 1)} = \frac{Q(p)}{P(p)}, \quad P'(p) = \frac{d}{dp} P(p) = 4 \cdot 10^{-2} p + 1 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

kořeny jmenovatele:

$$p(2 \cdot 10^{-2} p + 1) = 0 \Rightarrow p_1 = 0, \quad p_2 = -50 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

$$\begin{aligned} Q(p_1) &= 1, \quad Q(p_2) = 0,25 \\ P'(p_1) &= 1, \quad P'(p_2) = -1 \end{aligned} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

odezva na jednotkový skok je

$$h(t) = L^{-1} \{ \mathbf{H}(p) \} = \frac{Q(p_1)}{P'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{Q(p_2)}{P'(p_2)} e^{p_2 t} = 1 - 0,25 e^{-50t} \quad \mathbf{2 \text{ body}}$$

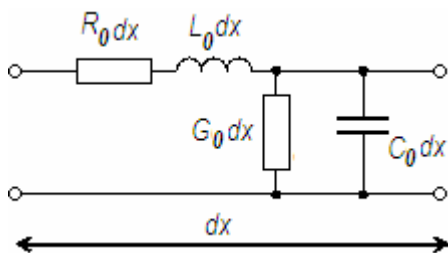
$$h(0) = 0,75, \quad h(\infty) = 1 \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

## 4 Elektrotechnika 2

- a) Nakreslete náhradní schéma elementu vedení a charakterizujte jeho primární parametry.  
 b) Vedení má uvedeny tyto parametry:  $R_0 = 0$ ,  $G_0 = 0$ ,  $L_0 = 160$  nH/m,  $C_0 = 100$  pF/m. Definujte sekundární parametry vedení  $Z_v$  a  $\gamma$  a vypočtěte je pro úhlový kmitočet  $\omega = 10^7$  rad/s.  
 c) Definujte činitel odrazu na konci vedení  $\rho_2$  a uveďte jeho hodnoty pro vedení zakončené naprázdno a nakrátko.

### Řešení

- a) Náhradní schéma elementu vedení



2 body

#### Primární parametry vedení:

měrná kapacita  $C_0$  (F/m),  
 měrná indukčnost  $L_0$  (H/m),  
 podélný měrný odpor  $R_0$  ( $\Omega$ /m),  
 příčná měrná vodivost  $G_0$  (S/m).

2 body

- b) Vlnová impedance

$$Z_v(\omega) = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 10^{-9}}{100 \cdot 10^{-12}}} = \sqrt{16 \cdot 10^2} = 40 \text{ } \Omega$$

2 body

Konstanta šíření  $\gamma(\omega) = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} = \beta + j\alpha$   
 ( $\beta$  - měrný útlum,  $\alpha$  - měrný posuv)

$$\gamma(\omega) = \sqrt{j\omega L_0 j\omega C_0} = j\omega \sqrt{L_0 \cdot C_0} = j10^7 \sqrt{160 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = j10^7 \cdot 4 \cdot 10^{-9} = j4 \cdot 10^{-2} \text{ (1/m)}$$

2 body

- c) Činitel odrazu  $\rho_2 = \frac{R_2 - R_v}{R_2 + R_v}$

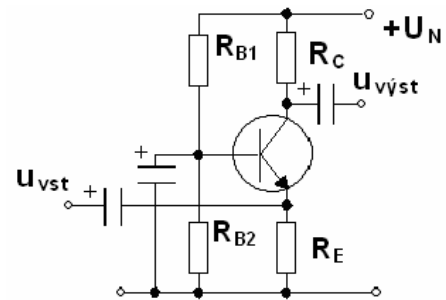
pro  $R_2 = 0$  ( $\Omega$ ) .....  $\rho_2 = -1$

pro  $R_2 \rightarrow \infty$  ( $\Omega$ ) .....  $\rho_2 = 1$

2 body

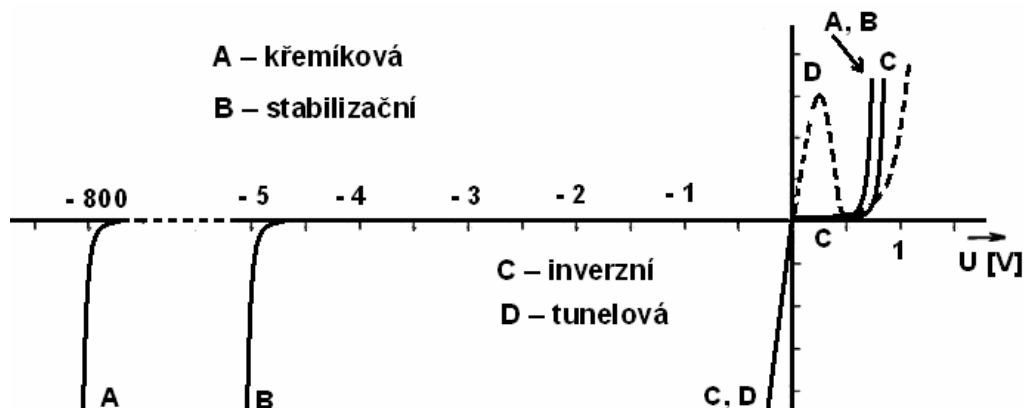
## 5 Elektronické součástky

- a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?  
Vysvětlete funkci odporů  $R_C$  a  $R_E$ .  
Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost?
- b) Načrtněte do jednoho grafu charakteristik diod: usměrňovací křemíková dioda, stabilizační dioda ( $U_Z = 5\text{ V}$ ), inverzní dioda, tunelová dioda.
- c) Stručně (!) vysvětlete pojem "rekombinace nosičů".  
Jaký je její význam u polovodičových součástek?



### Řešení

- a) Zapojení je zesilovač s bipolárním tranzistorem v zapojení se společnou bází (SB). **1 bod**  
 $R_C$  je zátěž zesilovače,  $R_E$  slouží k nastavení klidového proudu tranzistoru. Proud  $I_E$  je určen napětím nastaveným děličem na bázi tranzistoru a velikostí odporu  $R_E$  takto:  
 $I_E = (U_B - U_{BE}) / R_E$ . **1 bod**  
 Proud  $I_E = (U_B - U_{BE}) / R_E = I_C$  nastavíme tak, aby  $U_{RC} \geq 1/3 U_N$ . Odporů volíme  $R_E \leq R_C$ . Napětí  $U_B$  nastavíme děličem  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$  na  $U_B = U_N \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$ . **2 body**
- b)



**4 body**

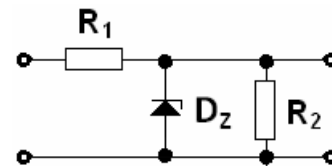
- c) Rekombinací nosičů se obnovuje tepelná rovnováha v polovodiči. Rychlost rekombinace závisí na typu polovodiče a na koncentraci nečistot a poruch, které se chovají jako rekombinační centra. Rekombinace je nežádoucí například u solárních článků, kde výrazně snižuje celkovou účinnost a u vysokonapěťových součástek, kde zhoršuje závěrné vlastnosti. U rychlých bipolárních součástek záměrně zavádíme rekombinační centra pro potlačení akumulace nosičů a zrychlení procesu vypnutí. **2 body**

## 6 Elektronické součástky

a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?

Vysvětlete funkci odporů  $R_1$  a  $R_2$ .

Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost? Polaritu napětí a proudů vyznačte do schématu.



b) Vysvětlete pojem Lavinová dioda. Jaké je použití lavinových diod?

c) Uveďte alespoň dva rozdíly mezi tranzistorem MOSFET a tranzistorem IGBT.

### Řešení

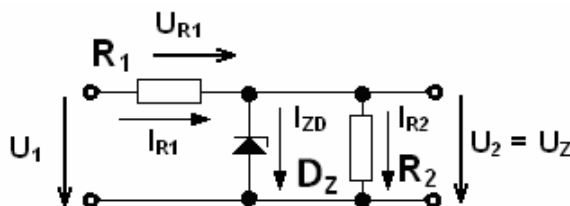
a) Zapojení je stabilizátor se stabilizační diodou.

1 bod

$R_2$  je zátěž stabilizátoru.  $R_1$  má funkci proudového zdroje pro napájení stabilizační diody a zátěže. Jeho velikostí se nastaví součet proudů do zátěže a stabilizační diody.

2 body

Při kolísání vstupního napětí proudový odběr stabilizátoru nastavíme pomocí odporu  $R_1$  takto: při minimálním vstupním napětí  $U_1 = U_{\min}$  musí být zaručeno že proud stabilizační diodou nepoklesne pod přibližně  $0,1 I_{DZ\max}$ :  $R_1 \leq (U_{\min} - U_Z) / (0,1 I_{DZ\max} + I_{R2})$ , kde  $I_{R2} = U_Z / R_2$ , při maximálním vstupním napětí  $U_1 = U_{\max}$  nesmí být překročen maximální proud diody  $I_{DZ\max}$ . Z této podmínky vychází  $R_1 \geq (U_{\max} - U_Z) / (I_{DZ\max} + I_{R2})$ , kde  $I_{R2} = U_Z / R_2$ .



3 body

b) Pro lavinové diody je charakteristické rovnoměrné rozložení proudové hustoty proudu na přechodu PN. Dosáhne se toho pomocí vhodné geometrie přechodu a použitím velmi kvalitního homogenního materiálu - bez poruch a nečistot. Lavinová dioda je proto schopná snášet velký závěrný proud bez nebezpečí tepelného průrazu. Typické použití je proto v některých typech usměrňovačů a v impulsních obvodech kde dochází k namáhání diody závěrnými proudy. Další použití je v optoelektronice – lavinová fotodiody pracující v oblasti lavinového průrazu má ve srovnání s běžnou fotodiódou mnohem větší citlivost.

2 body

c) 1. Při velkém závěrném napětí není **MOSFET** schopen pracovat s velkým proudem, tranzistor **IGBT** ano.

2. V sepnutém stavu je napětí  $U_{DSON}$  na **IGBT** vždy větší než 1 V a to i při velmi malém proudu, napětí v sepnutém stavu  $U_{DSON}$  na **MOSFET** může být menší než 0,1 V.

3. Mezní kmitočet spínání u **MOSFET** je prakticky omezen pouze parazitními kapacitami. Mezní kmitočet spínání u **IGBT** je omezen vypínáním PNP tranzistoru ve struktuře IGBT. Mezní kmitočet spínání IGBT lze zvýšit pomocí rekombinačních center za cenu zvýšení napětí v sepnutém stavu. Maximální kmitočet je proto omezen přibližně na 50 kHz (80 kHz v rezonančních obvodech).

2 body

## 7 Signály, soustavy, systémy

Diskrétní Fourierova řada. Periodická posloupnost má periodu  $N = 4$ . Prvek  $S(3)$  obrazu je dán vztahem:

$$S(3) = 2 \exp(-j0,2\pi).$$

- a) Jaká je hodnota  $S(-3)$  ?
- b) Jaká je hodnota  $S(1)$  ?
- c) Jaká je hodnota  $S(403)$  ? (Pomůcka:  $403 = 100 \times 4 + 3$ )
- d) Jaká je hodnota  $|S(3)|$  ?

Pomůcka: 
$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} kn\right).$$

### Řešení

- a)  $S(-3) = S^*(3) = 2 \exp(+j0,2\pi)$  **3 body**
- b)  $S(1) = S^*(4-1) = S^*(3) = 2 \exp(+j0,2\pi)$  **2 body**
- c)  $S(403) = S(3) = 2 \exp(-j0,2\pi)$  **2 body**
- d)  $|S(3)| = |2 \exp(-j0,2\pi)| = 2$  **3 body**

## 8 Signály, soustavy, systémy

Potřebujeme digitalizovat analogový signál

$$s(t) = 3 \cos 50\pi t + 10 \sin 300\pi t + \cos 100\pi t .$$

Určete kmitočty jednotlivých složek a stanovte podmínku pro vzorkovací kmitočet  $f_{vz}$  tak, aby nedošlo k aliasingu.

---

### Řešení

Kmitočty jednotlivých složek  $\omega_1 = 50\pi$   $\omega_2 = 300\pi$   $\omega_3 = 100\pi$  **3 body**

Nejvyšší kmitočet v signálu  $\omega_m = 2\pi f_m = 300\pi$   
 $f_m = 150 \text{ Hz}$  **3 body**

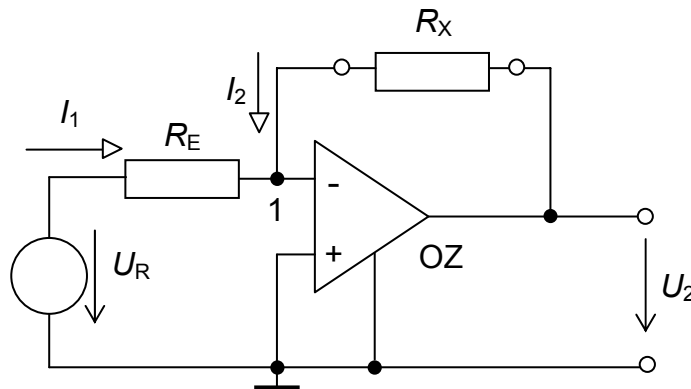
Podmínka pro vzorkování  $f_{vz} \geq 2 f_m$   
 $f_{vz} \geq 2 \cdot 150 = 300 \text{ Hz}$  **4 body**



**9 Měření v elektrotechnice**

Nakreslete schéma převodníku odpor-napětí R/U a odvoďte převodní vztah.

Řešení



4 body

$$I_1 + I_2 = \frac{U_R}{R_E} + \frac{U_2}{R_X} = 0$$

3 body

$$R_X = -\frac{R_E}{U_R} \cdot U_2 \Rightarrow U_2 = -\frac{R_X}{R_E} \cdot U_R$$

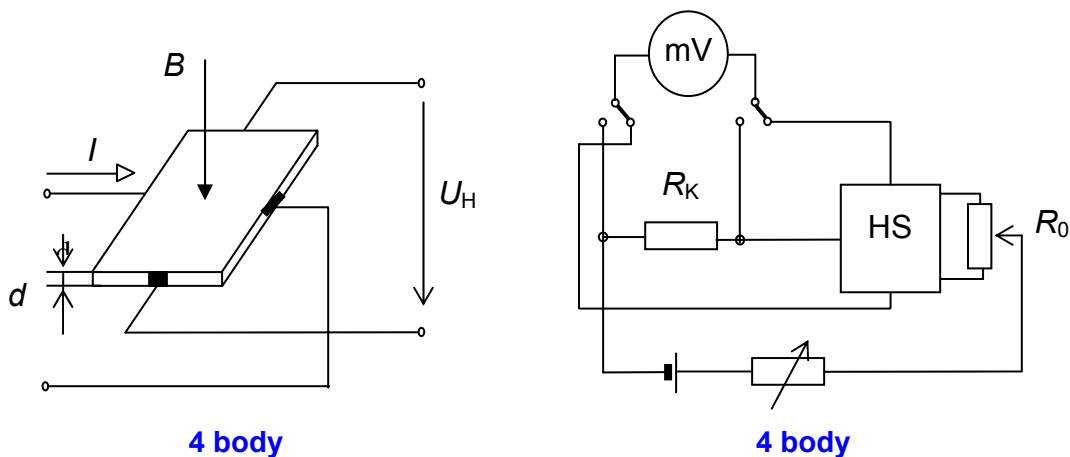
3 body

## 10 Měření v elektrotechnice

Nakreslete Hallovu sondu a její zapojení pro měření indukce magnetického pole. Uveďte vztah pro Hallovo napětí.

### Řešení

Hallův jev se projevuje výrazně hlavně u polovodičů (Ge, In-As, In-Sb, Ga-As).



4 body

4 body

Hallovo napětí

$$u_H = \frac{R_H \cdot I}{d} \cdot B \quad (\text{V}),$$

2 body

$R_H$  Hallova konstanta ( $\text{C}^{-1} \cdot \text{m}^3$ ),  
 $I$  proud procházející destičkou (A),  
 $B$  indukce magnetického pole (T),  
 $d$  tloušťka destičky (m).